

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-339600

(43)Date of publication of application : 08.12.2000

(51)Int.Cl.

G08G 1/16
 B60K 31/00
 B60T 7/12
 B62D 6/00
 F02D 29/02
 G08G 1/09
 // B62D101:00
 B62D103:00
 B62D137:00

(21)Application number : 11-153107

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 31.05.1999

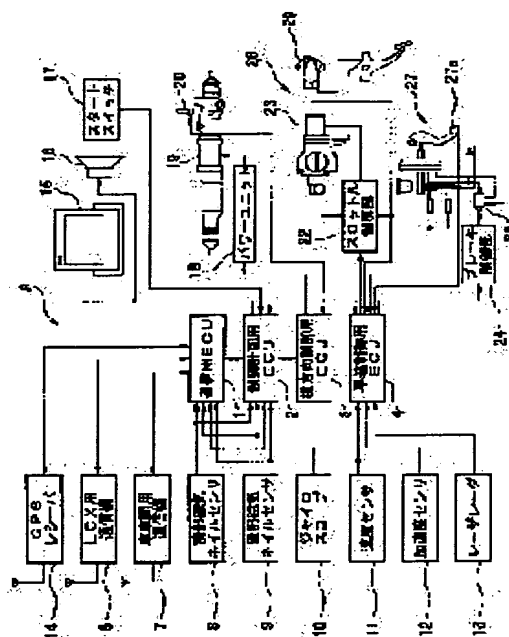
(72)Inventor : KOBAYASHI YUKIO

(54) AUTOMATIC FOLLOW-UP TRAVELING SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To allow a following vehicle to attain automatic follow-up traveling while accurately holding a prescribed inter-vehicle distance with a leading vehicle without being affected by a transmission delay time through inter-vehicle communication.

SOLUTION: The traveling information(speed and position) of a leading vehicle received through inter-vehicle communication from the leading vehicle is corrected based on a preliminarily set communication delay time, and the inter-vehicle distance and inter-vehicle speed of the leading vehicle and the following vehicle are calculated based on the corrected result by an ECU 2 for control plan and an ECU 4 for speed control of the following vehicle. Then, the manipulated variables of a throttle device 26 and a brake device 27 of the following vehicle are decided based on thus calculated inter-vehicle distance and inter-vehicle speed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.12.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-339600

(P2000-339600A)

(43) 公開日 平成12年12月8日 (2000.12.8)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
G 0 8 G 1/16		G 0 8 G 1/16	E 3 D 0 3 2
B 6 0 K 31/00		B 6 0 K 31/00	Z 3 D 0 4 4
B 6 0 T 7/12		B 6 0 T 7/12	B 3 D 0 4 6
B 6 2 D 6/00		B 6 2 D 6/00	3 G 0 9 3
F 0 2 D 29/02		F 0 2 D 29/02	H 5 H 1 8 0

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-153107

(22) 出願日 平成11年5月31日 (1999.5.31)

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 小林 幸男

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社

社本田技術研究所内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外8名)

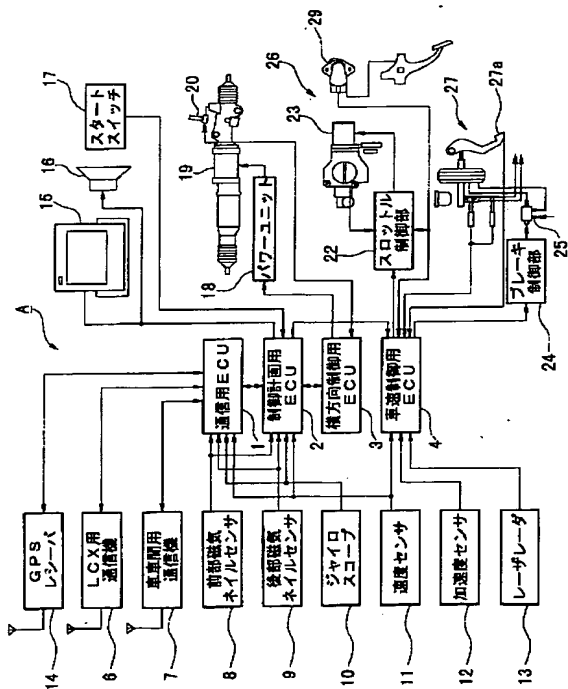
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動追従走行システム

(57) 【要約】

【課題】 車車間通信における伝送遅れ時間の影響を受けることなく、先導車に対して後続車を所定の車間距離を正確に保ったまま自動追従走行させる。

【解決手段】 後続車の制御計画用 ECU 2 および車速制御用 ECU 4 により、先導車から車車間通信により受信した先導車の走行情報 (速度、位置) を、あらかじめ設定した通信遅れ時間に基づいて補正させ、この補正結果に基づき、先導車と後続車との車間距離および車間速度を演算させるようにした。そして、このようにして求めた車間距離および車間速度に基づいて、後続車のスロットル装置 26 およびブレーキ装置 27 の操作量を決定するようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 縦列させた複数の車両のうち、先頭に位置する先導車に対して、該先導車の後方に位置する後続車を、自動追従させる構成となっており、

かつ、前記各車両は、

自車の走行情報を検出するための走行情報検出手段を備え、

前記先導車は、検出された自車の走行情報を他車に送信するための送信手段を備え、

前記後続車は、前記先導車から送信された前記先導車の走行情報を受信するための受信手段と、

該受信手段により受信した前記先導車の走行情報と、自車において検出された前記後続車自身の走行情報とを用いて、自車の前記先導車に対する相対位置および相対速度のうちの少なくとも一方を演算する相対位置・速度演算手段と、

演算された自車と前記先導車との前記相対位置および相対速度のうちの少なくとも一方に基づいて、前記先導車の走行軌跡を自車が追跡するために前記後続車自身が採用すべき操作量を演算する操作量演算手段と、

演算された前記操作量に基づいて前記後続車自身の走行を制御するための走行制御手段とを備えた構成とされた自動追従走行システムにおいて、

前記後続車は、自車と前記先導車との通信遅れ時間を算出する通信遅れ時間算出手段を備え、

なおかつ、該後続車の前記相対位置・速度演算手段は、前記演算を行うにあたって、前記先導車の走行情報または前記後続車自身の走行情報のうちの少なくとも一方を、前記通信遅れ時間に基づいて補正するとともに、この補正結果に基づいて、前記相対位置または相対速度の演算を行う構成とされていることを特徴とする自動追従走行システム。

【請求項 2】 請求項 1 記載の自動追従走行システムであって、

前記先導車の送信手段は、前記送信を行う際に、前記検出された自車の速度、加速度、および、現在位置に関する情報に加えて、これら情報の送信時刻を前記後続車に対して送信する構成とされ、

前記後続車の受信手段は、前記受信を行う際に、前記情報の受信時刻を検出する構成とされ、

前記通信時間遅れ時間算出手段は、前記受信時刻および前記送信時刻の時間差を演算するとともに、この演算結果を前記通信遅れ時間として設定することを特徴とする自動追従走行システム。

【請求項 3】 請求項 2 記載の自動追従走行システムであって、

前記先導車および前記後続車は、GPS レシーバを備えた構成とされ、前記送信手段および前記受信手段は、前記送信時刻および前記受信時刻を、GPS 信号に含まれる GPS 時刻に基づいて設定することを特徴とする自動

追従走行システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、縦列させた複数の車両のうち、先頭に位置する先導車に対して、先導車の後方に位置する後続車を自動追従させるための自動追従走行システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】この種の自動追従システムとしては、例えば、特開平 9-183320 に開示された、図 9 から図 11 に示す自動走行車 A に係るものが知られている。この自動走行車 A は、図 9 に示すように、道路の中央の走行経路 B 上に、例えば 1m 間隔で磁気情報源 C が埋め込まれた自動走行用道路上を、磁気情報源 C を検出しながら自動走行を行うものである。そして、自車 A の前方に前走車（図 9 では図示せず）が在る場合（すなわち、自車 A が追従車である場合）には、その前走車との間に所要の車両間距離を維持しつつ追従自動走行を行う。この場合、路側には漏洩同軸ケーブル D が設置され、この漏洩同軸ケーブル D と自動走行車 A との間で自動走行に必要な情報が送受信されるようになっている。また、前走車と追従車との間で自車の走行状態を示す情報が相互に送受信（車々間通信）されるようになっている。

【0003】この自動走行車 A は、図 10 に示すように、通信信号処理装置 101 と、制御計画処理装置 102 と、車両の横方向（操舵方向）制御装置 103 と、車速制御装置 104 とがそれぞれに信号処理装置（CPU）を具備したモジュールとして各車両に搭載された構成となっている。また、各車両には、車両の横方向（操舵方向）の角速度を検出するヨーレートセンサー 105 と、磁気情報源 C を検出する磁気センサ 106 と、車輪の一回転毎に（車輪の一回転に相当する走行距離毎に）パルスを出力する車輪パルスセンサ 108 と、車両の前後方向の加速度を検出する前後加速度センサ 109 と、前走車や前方障害物の検出すると共にそれらの物体までの距離を検出するレーザレーダ 110 とが備えられ、それらの検出データが適宜、前記装置 101 ~ 104 に与えられる。

【0004】通信信号処理装置 101 は、前記漏洩同軸ケーブル（LCX ケーブル）D との間での通信及び車々間通信を行う通信手段としての機能を有するものであり、それぞれの通信を車両に備えたアンテナや送受信器から成る通信機器 107、111 を介して行う。

【0005】一方、車々間通信では、前走車と追従車との間で、各車両において後述のように把握される走行経路 B 上の車両の時々刻々の走行位置（走行距離）、速度（車速）、前後加速度及び後述の速度計画等を示すデータが相互に送受信される。そして、それらのデータは、各車両において、通信信号処理装置 101 から制御計画処理装置 102 に与えられる。従って、追従車側では、

この通信信号処理装置 101 によって、前走車の速度や加速度等の走行状態を把握する手段が構成されている。

【0006】また、通信信号処理装置 101 は、走行経路 B 上における自車の走行位置を認識する走行位置認識手段としての機能も有している。すなわち、通信信号処理装置 101 は、走行経路 B 上での走行を開始してから前記磁気センサ 106 により検出される磁気情報源 C の検出回数をカウントし、その検出回数に磁気情報源 C の間隔（一定）を乗算してなる距離を走行経路 B 上における車両の走行距離として把握する。

【0007】次に、自動走行車における車速制御を図 3 *

$$V_i(T) = V_i(0) + A_i(0) \times T \quad \dots\dots (1)$$

$$X_i(T) = X_i(0) + V_i(0) \times T + 1/2 \times A_i(0) \times T^2 \quad \dots\dots (2)$$

【0009】一方、制御計画処理装置 102 の制御計画処理部 125 は、漏洩同軸ケーブル D からの速度指令等に基づき、走行経路 B に沿った速度計画を作成して、T 秒後の到達予定位置 $X_i'(T)$ 及び予定速度 $V_i'(T)$ を求める。

【0010】このように処理部 124 で求められた到達予想位置 $X_i(T)$ 及び予想速度 $V_i(T)$ と、処理部 125 で求められた到達予定位置 $X_i'(T)$ 及び予定速度 $V_i'(T)$ は、偏差演算部 150 に出力される。この偏差演算部 150 は、到達予定位置 $X_i'(T)$ 及び予定速度 $V_i'(T)$ からそれぞれ到達予想位置 $X_i(T)$ 及び予想速度 $V_i(T)$ を減算することにより、T 秒後の距離偏差及び速度偏差を算出し、それらを変換部 126 に出力する。

【0011】変換部 126 は、前記距離偏差及び速度偏差にそれぞれ所定のゲイン K_x 、 K_u を乗算してなる値を互いに加算することにより加減速度修正データを生成し、それらを車速制御装置 104 の比較部 127 へ出力する。

【0012】以上の処理は、前走車及び追従車のいずれにおいても同様に行われるが、追従車においては、これに加えて、前走車との車々間通信によって得られた前走車の現在の走行位置 $X_{i-1}(0)$ 128、速度 $V_{i-1}(0)$ 129 及び加速度 $A_{i-1}(0)$ 130 が、前走車の T 秒後の状態を予想する処理部 131 へ出力される。

【0013】この処理部 131 は、前走車の T 秒後の到達予想位置 $X_{i-1}(T)$ 、及び T 秒後の予想速度 $V_{i-1}(T)$ をそれぞれ前記式 (1)、(2) と同じ形の演算式（図 1 参照）により求める。

【0014】処理部 131 で求められた前走車の到達予想位置 $X_{i-1}(T)$ 及び予想速度 $V_{i-1}(T)$ は、前記処理部 124 で求められた自車（追従車）の到達予想位置 $X_i(T)$ 及び予想速度 $V_i(T)$ と共に、車間演算部 140 に出力される。車間演算部 140 は、前走車の T 秒後の到達予想位置 $X_{i-1}(T)$ 及び予想速度 $V_{i-1}(T)$ から、それぞれ自車（追従車）の T 秒後の到達予想位置 $X_i(T)$ 及び予想速度 $V_i(T)$ を減算することにより、T 秒後の予想車間距離及び車間速度差を算出する。

* のブロック線図を参照しつつ説明する。ここでは、まず、通信信号処理装置 101 により求められた自車位置 $X_i(0)$ 121 と、この自車位置 $X_i(0)$ から制御計画処理装置 2 により求められた自車速度 $V_i(0)$ （位置の一階微分値）122 と、自車加速度 $A_i(0)$ （位置の二階微分値）23 とが制御計画処理装置 102 において、自車の T 秒後の状態を予想する処理部 124 へ出力される。

【0008】この処理部 124 は、T 秒後の到達予想位置 $X_i(T)$ 、及び T 秒後の予想速度 $V_i(T)$ をそれぞれ次式

10 (1)、(2) により求める。

【0015】さらに、制御計画処理装置 102 には、追従車の自車速度 $V_i(0)$ 122 と前走車の前走車速度 $V_{i-1}(0)$ 129 との速度差（ $|V_i(0) - V_{i-1}(0)|$ ）の大小に基づき、前走車と追従車との車間距離の指示データ（目標車間距離を示すデータ）を作成する目標車間距離調整手段 132 も設けられている。

20 【0016】この目標車間距離調整手段 132 により作成された車間距離の指示データ（目標間距離データ）は、車間演算部 140 に与えられ、車間演算部 140 において、該車間距離の指示データと前記予想車間距離との偏差が求められる。

【0017】車間演算部 140 によって算出された車間距離データ（予想車間距離と目標車間距離との偏差）と車間速度差のデータとは、変換部 133 に出力される。変換部 133 は、上記車間距離データと、車間速度差データとに、それぞれ所定のゲイン K_{x1} 、 K_{u1} を乗算してなる値を互いに加算することにより、加減速度修正データを生成し、それを車速制御装置 104 の比較部 127 へ出力する。

【0018】車速制御装置 104 において、比較部 127 は、自車の T 秒後の予想偏差に基づく加減速度修正データ（変換部 126 の出力）と、T 秒後の前走車との予想車間距離及び車間速度差に基づく加減速度修正データ（変換部 133 の出力）とを比較し、追従車が前走車に接近し過ぎないように、車両の前進側の加速度が小さなものとなる加減速度修正データを択一的に選択し、スロットル側積分器 141、ブレーキ側積分器 142 に出力する。

【0019】このように加減速度修正データが入力された積分器 141、142 は該加減速度修正データを積分し、その積分値（これは目標車速に相当するものとなる）をそれぞれスロットル制御量換算部 134 及びブレーキ制御量換算部 135 に出力する。

【0020】スロットル制御量換算部 134 では、積分器 141 の出力に加えて、車両の現在の車速や、図示しないエンジンの回転数、変速機のギヤ段数等のデータが与えられ、これらのデータからあらかじめ定められたマ

ップ等を用いてスロットルの指示開度が決定される。そして、このスロットル指示開度に基づき、スロットル制御部 136 によって、前記スロットル用のアクチュエータ 115 の操作量を規定する指示デューティが該アクチュエータ 115 に与えられ、それによりアクチュエータ 115 が制御される。

【0021】また、ブレーキ制御量換算部 135 では、積分器 142 の出力に加えて、車両の現在の车速データが与えられ、それらのデータからマップ等を用いてブレーキの指示圧が決定される。そして、このブレーキ指示圧に基づき、ブレーキ制御部 137 によって、前記ブレーキ用のアクチュエータ 116 の操作量を規定する指示デューティが該アクチュエータ 116 に与えられ、それにより該アクチュエータ 116 が制御される。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したようなシステムにおいては、車車間通信により前走車と追従車との間において走行位置、速度、加速度等のデータを伝送する際に、前走車におけるデータの発信時刻と追従車におけるデータの受信時刻との間に時間差（伝送遅れ時間）が発生することが避けられない。

【0023】一方、走行位置、速度、加速度等のデータは、時刻とともに変化しているため、上記の伝送遅れ時間が Δt 秒であるとする、追従車が、これら走行位置、速度、加速度等のデータを受信して自車の制御に使用しようとする際には、受信したデータは、既に Δt 秒前のデータとなっている。

【0024】例えば、図 12 のように、車両 200、201、…が隊列走行を行っているとする、(a) に示すように、時刻 t において、先頭車 200 が自己の走行位置 $x_1(t)$ を検出し、これを追従車 201 に対して伝送したとしても、追従車 201 がこのデータを受信する時刻は、伝送遅れ時間 Δt により、時刻 $t + \Delta t$ となる。したがって、前走車 200 は、実際には、(b) に示すように位置 $x_1(t + \Delta t)$ にまで進んでいるにもかかわらず、追従車 201 からは、(c) において点線で示す位置（位置 $x_1(t)$ ）にあると認識されてしまう。

【0025】具体的には、これら車両 200、201、…が、時速 100 km/h で走行していると仮定し、さらに、車車間通信による伝送遅れ Δt を 100 ms とすると、上記の走行位置 $x_1(t)$ と $x_1(t + \Delta t)$ との差は、約 2.7 m に達する。このため、追従車 201 は、前走車 200 の走行位置を実際より 2.7 m 後方にあると認識し、このように認識した前走車 200 の走行位置と、自車（追従車 201）の走行位置との比較を行い、その偏差値に基づき、追従車 201 の現在の運動情報に対する目標加速度を演算し、この演算結果に基づいて、自車（追従車 201）のスロットルおよびブレーキを制御する。これにより、車間距離を 10 m に設定しよ

うとしても、実際には、2.7 m 長い 12.7 m の車間距離が実現されてしまう。

【0026】また、この場合、伝送遅れ時間 Δt が時間とともに変化するような場合においては、それに伴い、追従車 201 の認識する車間距離も時間とともに変化する事となり、これにより、追従車 51 が一定の車間距離を保ったまま前走車に追従走行することが困難となってしまう。

【0027】本発明は、このような事情に鑑みなされたものであり、車車間通信における伝送遅れ時間の影響を受けることなく、先導車に対して後続車を所定の車間距離を正確に保ったまま自動追従走行させることができるような自動追従走行システムを提供することを課題とする。

【0028】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明においては以下の手段を採用した。すなわち、請求項 1 記載の自動追従走行システムは、縦列させた複数の車両のうち、先頭に位置する先導車に対して、該先導車の後方に位置する後続車を、前記先導車に対し自動追従させる構成となっており、かつ、前記各車両は、自車の走行情報を検出するための走行情報検出手段（例えば、実施の形態における速度センサ 11、加速度センサ 12、および、通信用 ECU 1）を備え、前記先導車は、検出された自車の走行情報を他車に送信するための送信手段（例えば、実施の形態における車車間用通信機 7 および通信用 ECU 1）を備え、前記後続車は、前記先導車から送信された前記先導車の走行情報を受信するための受信手段（例えば、実施の形態における車車間用通信機 7 および通信用 ECU 1）と、該受信手段により受信した前記先導車の走行情報と、自車において検出された前記後続車自身の走行情報とを用いて、自車の前記先導車に対する相対位置および相対速度のうちの少なくとも一方を演算する相対位置・速度演算手段（例えば、実施の形態での制御計画用 ECU 2 におけるステップ S4 から S6 までの処理）と、演算された自車と前記先導車との前記相対位置および相対速度のうちの少なくとも一方に基づいて、前記先導車の走行軌跡を自車が追跡するために前記後続車自身が採用すべき操作量を演算する操作量演算手段（例えば、実施の形態での制御計画用 ECU 2 におけるステップ S7 の処理）と、演算された前記操作量に基づいて前記後続車自身の走行を制御するための走行制御手段（例えば、実施の形態での制御計画用 ECU 2 におけるステップ S7 の処理）とを備えた構成された自動追従走行システムにおいて、前記後続車は、自車と前記先導車との通信遅れ時間（例えば、実施の形態における通信遅れ時間： Δt ）を算出する通信遅れ時間算出手段（例えば、実施の形態での制御計画用 ECU 2 におけるステップ S3 の処理）を備え、なおかつ、該後続車の前記相対位置・速度演算手段は、前記演算を行

うにあたって、前記先導車の走行情報または前記後続車自身の走行情報のうちの少なくとも一方を、前記通信遅れ時間に基づいて補正するとともに、この補正結果に基づいて、前記相対位置または相対速度の演算を行う構成とされていることを特徴としている。

【0029】このような構成とされるために、この自動追従走行システムにおいては、例えば、後続車が、先導車の走行情報（例えば、速度、走行位置）を、設定された通信遅れ時間後の走行情報に補正することができる。これにより、後続車が先導車の走行情報を受信した際に、受信した走行情報が通信遅れ時間により既に通信遅れ時間分過去のデータとなっていたとしても、その影響を排除することができ、先導車および後続車間の相対位置または相対速度を正確に把握することができる。また、この場合、後続車が、自車の走行情報として、通信遅れ時間分だけ過去のデータを用い、これと先導車から得られた走行情報との比較により、先導車および後続車間の相対位置または相対速度を演算するようにしても、同様に、通信遅れ時間の影響を排除することができる。

【0030】請求項2記載の自動追従走行システムは、請求項1記載の自動追従走行システムであって、前記先導車の送信手段は、前記送信を行う際に、前記検出された自車の速度、加速度、および、現在位置に関する情報に加えて、これら情報の送信時刻（例えば、実施の形態における送信時刻：GPS1(0)）を前記後続車に対して送信する構成とされ、前記後続車の受信手段は、前記受信を行う際に、前記情報の受信時刻（例えば、実施の形態における受信時刻：GPSi(0)）を検出する構成とされ、前記通信遅れ時間設定手段は、前記受信時刻および前記送信時刻の時間差を演算するとともに、この演算結果を前記通信遅れ時間として設定することを特徴としている。

【0031】このような構成により、この自動追従走行システムにおいては、通信遅れ時間が時刻とともに変化する場合において、補正演算に必要な通信遅れ時間を、その都度、正確に把握することができる。

【0032】請求項3記載の自動追従走行システムは、請求項2記載の自動追従走行システムであって、前記先導車および前記後続車は、GPSレシーバ（例えば、実施の形態におけるGPSレシーバ14）を備えた構成とされ、前記送信手段および前記受信手段は、前記送信時刻および前記受信時刻を、GPS信号に含まれるGPS時刻に基づいて設定することを特徴としている。

【0033】このような構成により、この自動追従走行システムにおいては、先導車および後続車が具備するタイマ等に時刻のずれがあった場合においても、この時刻のずれに影響を受けることなく、通信遅れ時間を把握することができる。

【0034】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図

面に基づいて説明する。なお、ここで説明する実施の形態において、先に示した従来技術と共通する構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0035】図1に示すものは、本実施の形態における自動追従走行システムを構成する自動走行車Aのブロック図である。なお、ここでは一つの車両の制御構成しか示していないが、この車両を複数縦列させるとともに、その先頭に位置する車両（以下、先導車という）に対し、後方に位置する後続車を自動追従させることにより、隊列走行を行うことができる。この場合、図1に示す構成は、先導車としてもまた後続車としても利用できるものであり、いわば先導車と後続車の共通車両となっている。

【0036】図1に示すように、本実施形態の車両は、通信用ECU（electronic control unit）1と、制御計画用ECU2と、車両の横方向（操舵方向）制御用ECU3と、車速制御用ECU4とが、それぞれに信号処理装置（CPU）を具備したモジュールとして各車両に搭載されている。また、車両には、漏洩同軸ケーブルDとの間で情報を送受信するためのLCX用通信機6、自動追従走行を行う際に先導車と後続車との間で情報を相互に送受信するための車車間用通信機7、車体前部に設けられて前記磁気情報源Cを検出する前部磁気センサ8、車体後部に設けられて前記磁気情報源Cを検出する後部磁気センサ9、車両の横方向（操舵方向）の角速度を検出するジャイロ스코プ10、車両の速度を検出する車速センサ11、車両の前後方向の加速度を検出する前後加速度センサ12、前方に位置する車両までの距離及び方位をレーザレーダ13がそれぞれ備えられている。さらに、車両には、GPS衛星からの信号を検出するGPSレシーバ14が設けられている。

【0037】LCX用通信機6、車車間用通信機7、および、GPSレシーバ14は前記通信用ECU1に接続され、前記各センサ8~12、レーザレーダ13、および、GPSレシーバ14からの検出データは、適宜、前記ECU1~4に与えられるようになっている。そして、前記各ECU1~4は次のような機能を有する。

【0038】通信用ECU1は、前記漏洩同軸ケーブル（LCXケーブル）Dとの間での通信及び車々間通信を行う通信手段としての機能を有するものであり、それぞれの通信を車両に備えたアンテナや送受信器から成る通信機6、7を介して行う。

【0039】また、通信用ECU1は、GPSレシーバ14を介して送信されたGPS信号に基づき車両の現在位置を検出するとともに、GPS信号に含まれる時間データ（GPS時間）に基づき、時刻tを把握するようになっている。また、通信用ECU1は、この時刻tを、制御計画用ECU2および車速制御用ECU4に出力するようになっている。

【0040】また、この場合、漏洩同軸ケーブルDとの

通信では、漏洩同軸ケーブルDからは、車両の走行エリアにおける速度指令情報や、道路の曲率情報、渋滞情報、緊急メッセージ情報等が受信され、車両側からは自車のIDナンバーが送信される。このIDナンバーにより、漏洩同軸ケーブルD側では各車両の走行位置が把握される。そして、通信用ECU1は、受信した速度指令情報等を制御計画用ECU2に与える。

【0041】一方、車車間通信機7では、先導車と後続車との間で、各車両において後述のように把握される走行経路B上の車両の時々刻々の走行位置（走行距離）、車速、前後加速度及び後述の速度計画等を示すデータが相互に送受信される。また、この場合、車車間通信機7は、これらデータの送信時刻を、通信用ECU1において、GPS信号から求めた時刻tに基づき、送信データに併せて送信する。また、通信用ECU1は、それらのデータの受信時刻を、通信用ECU1においてGPS信号から求めた時刻tに基づき、記録する。また、このように受信したデータは、各車両において、通信用ECU1から制御計画用ECU2に与えられる。従って、後続車側では、この通信用ECU1によって、先導車の速度や加速度等の走行状態を把握することができる。

【0042】また、通信用ECU1は、走行経路B上における自車の走行位置を認識する走行位置認識手段としての機能も有する。

【0043】本実施の形態では、次のように走行位置を認識する。すなわち、本実施形態の自動走行車は基本的には磁気情報源Cが配列された走行経路B上を走行するので、該走行経路B上における車両の走行距離が該走行経路B上における車両の走行位置を示すものとなる。そこで、通信用ECU1は、走行経路B上での走行を開始してから前記前部磁気センサ8により検出される磁気情報源Cの検出回数をカウントし、その検出回数に磁気情報源Cの間隔（一定）を乗算してなる距離を走行経路B上における車両の走行距離として把握する。但し、車両が走行経路Bから逸脱して、磁気情報源Cの検出を逃す場合もあり、このような場合には、前記車速センサ11の出力値の積分に基づいて走行距離を把握する。そして、このように把握した走行距離により、車両が所持する走行経路Bの地図データ上で車両の走行位置を認識してそれを制御計画用ECU2に与える。この場合、走行経路Bの地図データは、磁気情報源Cの点列データとして表され、これは、あらかじめ車両の記憶装置に記憶保持してもよいし、あるいは、前記漏洩同軸ケーブルD等との通信によって外部から所定の走行区域毎に受信するようにしてもよい。

【0044】尚、本実施形態では、走行経路B上の磁気情報源Cは、例えば所定間隔で磁気極性を反転してなるビット情報が設けられており、磁気センサ8によりこのビット情報の検出が行われる毎に、上記所定の間隔を基

準として走行距離の修正が行われる（例えば、走行距離が所定の整数倍となるように修正する）。

【0045】制御計画用ECU2には、自動走行スタートスイッチ17が接続され、この自動走行スタートスイッチ17のON操作に応じて自動走行のための情報の作成を開始する。

【0046】この制御計画用ECU2は、走行経路B上における車両の走行位置と速度との関係を規定する速度計画を作成する速度計画作成手段としての機能を有し、漏洩同軸ケーブルDから通信用ECU1を介して与えられる車両の走行エリアに対応した速度指令情報に基づき、前記速度計画を作成する。この場合、漏洩同軸ケーブルDから指示された速度に従うように速度計画を作成する。例えば、ある走行エリアで80km/hの速度指令が与えられたとき、今現在の車両の速度が78km/hであれば、車両の速度を80km/hまで所定の加速度（例えば2km/h/min）で増速し、その後、80km/hの速度を維持するように速度計画を作成する。

【0047】また、速度計画作成手段としては、車両制御部の記憶部に、予め、当該車両が走行しようとする区間の全走行距離から実際の走行距離を差し引いた残走行距離と車速との関係を記憶しておき、走行時において、逐一走行位置における残走行距離を演算により求め、前記予め記憶して残走行距離と車速との関係から、目標車速を出力するものであってもよい。

【0048】また、制御計画用ECU2は上記のように作成した速度計画に基づいて、現在の車両の走行位置からあらかじめ定められた所定時間T（本実施形態では例えば1.5秒）後に到達すべき到達目標走行位置と、その到達目標走行位置における車両の目標車速とを決定する機能を有する。この機能では、例えば、車両の現在位置からの速度計画が80km/h（22.2m/秒）の速度を一定に維持するように作成されておれば、前記所定時間T（1.5秒）後の到達目標走行位置は走行経路B上を今現在の位置から33.3m進行した地点であり、また、その到達目標走行位置における目標車速は80km/hである。

【0049】さらに、制御計画用ECU2は以下に説明する走行状態予想手段、偏差演算手段及び速度計画用加減速度データ算出手段、車速判断手段、データ切換手段、ゲイン可変手段としての機能を有し、さらに後続車側にあつては、以下に説明する後続車走行状態予想手段、相対位置演算手段、相対速度演算手段及び車間制御用加減速度データ算出手段としての機能も有する。

【0050】前記走行状態予想手段としての機能は、前記所定時間T後の自車の到達予想走行位置と予想車速とを求めるものである。到達予想走行位置は、前記通信用ECU1から与えられる自車の現在の走行位置（走行距離）、現在の車速及び現在の加速度から後述の演算によ

り求め、予想車速は自車の現在の車速と加速度とから後述の演算により求める。

【0051】この場合、本実施形態では、前記到達予想走行位置や予想車速を求めるための車両の車速は、速度センサ11の検出データにより得られる。なお、車速は、通信用ECU1から与えられる車両の時々刻々の走行位置の最新の一階微分値、すなわち単位時間当たりの走行位置の変化量により求めてもよい。なお、車両の加速度は、加速度センサ12の検出データにより直接得られる。そして、このように得られる車両の車速と加速度とを用いて到達予想走行位置や予想車速を求める。

【0052】前記偏差演算手段としての機能は、速度計画作成手段に基づく所定時間T後の到達目標走行位置と前記走行状態予想手段による到達予想走行位置との走行位置偏差（位置誤差）を求めると共に、速度計画作成手段に基づく所定時間T後の目標車速と前記前記走行状態予想手段による予想車速との車速偏差（速度誤差）を求めるものであり、それらの算出は減算演算により行われる。

【0053】前記速度計画用加減速度データ算出手段としての機能は、上記走行位置偏差及び車速偏差に基づき、車両の速度計画用の加減速度修正データ（車両の加減速度を修正するための制御量）を作成するものであり、本実施形態では、上記走行位置偏差及び車速偏差にそれぞれ所定のゲイン係数を乗算してなる値を互に加算することにより速度計画用の加減速度修正データを作成する。

【0054】また、後続車側における前走車走行状態予想手段としての機能は、前記所定時間T後の前走車の到達予想走行位置と予想車速とを求めるものである。前走車の到達予想走行位置は、前記車々間通信によって自車の通信用ECU1を介して把握される前走車の現在の走行位置（走行距離）、現在の速度及び現在の加速度から自車の場合と同様の後述の演算によって求め、前走車の予想車速は、前走車の現在の速度及び加速度から自車の場合と同様の後述の演算によって求める。

【0055】後続車側における相対位置演算手段としての機能は、前記所定時間T後に予想される自車と先導車との車間距離を求めるものであり、上記のように求められる先導車の到達予想走行位置と自車において前述の如く求められる自車の到達予想走行位置との距離差を演算することにより、所定時間T後の予想車間距離を求める。

【0056】同様に、後続車側における相対速度演算手段としての機能は、前記所定時間T後に予想される後続車との速度差を求めるものであり、先導車の予想車速と自車の予想車速との差を演算することにより、所定時間T後の車間速度差を求める。

【0057】また、後続車側における車間制御用加減速度データ算出手段は、上記予想車間距離及び車間速度差

に基づき、車両の車間制御用の加減速度修正データ（車両の加減速度を修正するための制御量）を作成するものである。本実施形態では、上記予想車間距離と自車又は先導車の速度に応じた目標車間距離との偏差に所定のゲインを乗算してなる値と、上記車間速度差に所定のゲインを乗算してなる値とを互に加算することにより車間制御用の総合的な加減速度修正データを作成する。

【0058】これらの機能を有する制御計画用ECU2は、さらに、車両の前後の二つの前記磁気センサ8、9の横方向の位置データに基づき、走行経路B（磁気情報源列）に対する車両の現在の横方向の位置偏差や方向偏差（車両と走行経路Bとのなす角度 θ 、図9参照）を求めるようにしている。また、制御計画用ECU2は、車両の現在速度や操舵量、漏洩同軸ケーブルDから与えられる道路の曲率情報等に基づき、前記所定時間T後の車両の走行経路Bに対する横方向の位置偏差や方向偏差を予測するようにしている。これらのデータは、車両を走行経路Bに沿って走行させるための操舵制御に使用される。

【0059】また、この制御計画用ECU2は、自車が後続車の場合は自車速度、前走車速度、前走車までの車間距離、前方道路形状や車線形状等のデータを表示装置15や音声出力装置16に出力する。

【0060】そして、自車が先導車の場合は自車の速度、後続車の速度、後続車までの車間距離、前方道路形状や車線形状等のデータを表示装置15、及び音声出力装置16に出力する。

【0061】ここで、先導車及び後続車間の上記の車間距離は、前述の車々間通信もしくはレーザレーダ13によって得られるものであり、前方道路形状や車線形状等のデータは漏洩同軸ケーブルDとの通信によって得られるものである。

【0062】尚、本実施形態では、前記所定時間Tを1.5秒に設定しているが、1秒～2秒の範囲で設定してもよい。

【0063】横方向制御用ECU3は、制御計画用ECU2の出力結果（前述の横方向の位置偏差や方向偏差等のデータ）に基づいて、車両を走行経路Bに沿わせるための操舵角の指示信号を生成し、その操舵角指示信号により車両のステアリング操作伝達系に設けられたパワーユニット18を介してステアリングモータ19を制御する。

【0064】ステアリングモータ19の動作情報はセンサ20を介して横方向制御用ECU3に入力される。前記ステアリングモータ19の制御により、ステアリングが自動制御され、走行経路B（磁気情報源列）に沿った車両走行が行われる。

【0065】車速制御用ECU4は、制御計画用ECU2により生成される加減速度修正データに基づき加速度指示信号を生成し、その加速度指示信号によりスロット

ル制御部 22 を介してスロットルモータ 23 や、ブレーキ制御部 24 を介してバルブ 25 を制御する。

【0066】これらスロットルモータ 23 やバルブ 25 の制御により、車両のスロットル装置 26 やブレーキ装置 27 が作動され、車両の加減速が行われる。なお、ブレーキ装置自体の動きはセンサ 28 を介して車速制御用 ECU 4 に入力され、アクセルペダルの動作情報はペダルセンサ 29 を介して車速制御用 ECU 4 に入力される。

【0067】尚、この車速制御用 ECU 4 には、ブレーキペダルの操作を検知するブレーキペダルスイッチ 27a が接続されており、このスイッチ 27a の信号によりブレーキペダルが踏まれたことが検出された場合には、車速制御を解除する。

【0068】また、車速制御用 ECU 4 は、自動追従走行前記レーザレダ 13 の出力に基づき、ブレーキ装置 27 の制御を行う。

【0069】次に本実施形態での後続車の制御計画用 ECU 2 および車速制御用 ECU 4 における処理について、図 2 のフローチャートおよび図 3 のブロック図を参照しつつ説明する。

【0070】まず、車車間通信により、先導車において検出された先導車自身の走行情報、すなわち、走行位置 x_1 、速度 v_1 、加速度 a_1 を参照する。また、この *

$$v_1(T) = v_1 + a_1 \times (T + \Delta t) \quad \cdots (3)$$

$$x_1(T) = x_1 + v_1 \times (T + \Delta t) + 1/2 \times a_1 \times (T + \Delta t)^2 \quad \cdots (4)$$

【0075】ここで、式 (3)、(4) において、 a_1 および v_1 に $(T + \Delta t)$ またはその二乗の値を乗じるようにしたのは、後続車において、先導車の走行情報（走行位置 x_1 、速度 v_1 、加速度 a_1 ）を受信した際には、これら先導車のデータは、車車間通信における通信遅れ時間 Δt の影響により、既に Δt 秒前のデータとなっており、したがって、後続車において求めるべき T 秒後の先導車の位置 $x_1(T)$ および速度 $v_1(T)$ は、先導車においては、 x_1 および v_1 が検出された時間から $T + \Delta t$ 秒経過した際の位置および速度であると考えられるためである。これにより、式 (3) および ※

$$v_i(T) = v_i + a_i \times T \quad \cdots (5)$$

$$x_i(T) = x_i + v_i \times T + 1/2 \times a_i \times T^2 \quad \cdots (6)$$

【0078】そして、制御計画用 ECU 2 は、先導車の T 秒後の到達予想位置 $x_1(T)$ 、 T 秒後の予想速度 $v_1(T)$ 、および、自車（後続車）の T 秒後の到達予想位置 $x_i(T)$ 、 T 秒後の予想速度 $v_i(T)$ に基づいて、先導車および後続車間の T 秒後の距離および速度の偏差（車間距離 $L_{i1}(T)$ および車間速度 $V_{i1}(T)$ ）を求め、この偏差から自車（後続車）の T 秒後の目標加速度 $a_t(T)$ を算出する（ステップ S6）。

【0079】この場合の具体的な処理は以下となる。すなわち、図 3 に示すように、制御計画用 ECU 2

* 際、通信用 ECU 1 において検出された、先導車がこれらの情報を送信した際の GPS 時間：GPS1(0) を併せて参照する。（ステップ S1）。

【0071】次に、自車（後続車）の走行情報、すなわち、通信用 ECU 1 により検出された自車の走行位置 x_i 、速度センサ 11 により検出された速度 v_i 、および、加速度センサ 12 により検出された加速度 a_i を参照する。また、この際、通信用 ECU 1 において検出された、自車（後続車）が、先導車からの走行情報を受信した際の GPS 時間：GPS i (0) を参照する（ステップ S2）。

【0072】続いて、制御計画用 ECU 2 は、その一部を構成する通信遅れ時間算出部 31（図 3 参照）により、自車（後続車）の GPS 時間：GPS i (0) と先導車の GPS 時間：GPS1(0) とに基づいて、 $\Delta t = \text{GPS}_i(0) - \text{GPS}_1(0)$ を演算し、この Δt を先導車と自車（後続車）間の通信遅れ時間として設定する（ステップ S3）。

【0073】そして、制御計画用 ECU 2 は、その一部を構成する処理部 32（図 3 参照）により、先導車の T 秒後の到達予想位置 $x_1(T)$ 、および T 秒後の予想速度 $v_1(T)$ をそれぞれ次式 (3)、(4) により求める（ステップ S4）。

【0074】

※ (4) においては、 T 秒後の先導車の位置及び速度を求めるにあたって、単純に時間 T を用いることなく、 $T + \Delta t$ を用いて、計算結果（先導車の位置および速度）を補正するようにしている。

【0076】次に、制御計画用 ECU 2 は、その一部を構成する処理部 33 により、自車（後続車）の T 秒後の到達予想位置 $x_i(T)$ 、および T 秒後の予想速度 $v_i(T)$ を、それぞれ次式 (5)、(6) により求める（ステップ S5）。

【0077】

$$\cdots (5)$$

$$\cdots (6)$$

は、その一部を構成する速度計画作成処理部 35 により、後続車の T 秒後の到達予想位置 $x_{i'}(T)$ および予想速度 $v_{i'}(T)$ を求める。

【0080】さらに、制御計画用 ECU 2 は、その一部を構成する偏差演算部 36（図 3 参照）により、速度計画作成処理部 35 で求めた到達予想位置 $x_{i'}(T)$ および予想速度 $v_{i'}(T)$ から、ステップ S5 で求めた後続車の T 秒後の到達予想位置 $x_i(T)$ および予想速度 $v_i(T)$ を減算することにより、 T 秒後の距離偏差および速度偏差を算出し、それらを車速制御用 ECU 4

の一部を構成する変換部 37 (図 3 参照) に出力する。

【0081】変換部 37 では、これら距離偏差及び速度偏差にそれぞれ所定のゲイン K_x 、 K_v を乗算してなる値を互いに加算してなる加減速度修正データが生成され、それが比較部 38 に出力される。

【0082】また、制御計画用 ECU 2 においては、その一部を構成する車間距離演算部 39 (図 3 参照) が、ステップ S4 で求めた先導車の T 秒後の到達予想位置 $x_1(T)$ および予想速度 $v_1(T)$ から、ステップ S5 で求めた後続車の T 秒後の到達予測位置 $x_i(T)$ および予想速度 $v_i(T)$ を減算することにより、先導車および後続車間の T 秒後の距離および速度の偏差 (車間距離 $L_{i1}(T)$ および車間速度 $V_{i1}(T)$) を求める。

【0083】さらに、制御計画用 ECU 2 においては、その一部を構成する変換部 40 (図 3 参照) が、上記車間距離 $L_{i1}(T)$ および車間速度 $V_{i1}(T)$ に所定のゲイン K_{x1} 、 K_{v1} を乗算してなる値を互いに加算してなる加減速度修正データを作成し、これを比較部 38 に出力する。

【0084】比較部 38 は、前述の速度計画に対する自車の T 秒後の予想偏差に基づく加減速度修正データ (変換部 37 の出力) と、前述の T 秒後の前走車との予想車間距離および車間速度差に基づく加減速度修正データ

(変換部 40 の出力) とを比較し、後続車が先導車に追従しすぎないように、後続車の前進側の加速度が小さなものとなる加減速度修正データを択一的に選択し、スロットル側積分器 42 およびブレーキ側積分器 43 に出力する。この出力結果が、自車 (後続車) の T 秒後の目標加速度 $a_t(T)$ に相当するものとなる。

【0085】さらに、この後、車速制御用 ECU 4 が、上述のようにして算出された目標加速度 $a_t(T)$ に基づいて、スロットル装置 26 およびブレーキ装置 27 の制御を行う (ステップ S7)。この場合の具体的な手順は以下になる。すなわち、比較部 38 から加減速度修正データが入力された積分器 42、43 は該加減速度修正データを積分し、その積分値 (これは目標車速に相当するものとなる) をそれぞれスロットル制御量換算部 44 及びブレーキ制御量換算部 45 に出力する。

【0086】スロットル制御量換算部 44 では、積分器 42 の出力に加えて、車両の現在の車速や、図示しないエンジンの回転数、変速機のギヤ段数等のデータが与えられ、これらのデータからあらかじめ定められマップ等を用いてスロットルの指示開度が決定される。そして、このスロットル指示開度に基づき、スロットル装置 26 のスロットル制御部 22 によって、前記スロットルモータ 23 の操作量を規定する指示デューティが該モータ 23 に与えられ、それにより該スロットルモータ 23 が制御される。

【0087】また、ブレーキ制御量換算部 45 では、積

分器 43 の出力に加えて、車両の現在の車速データが与えられ、それらのデータからマップ等を用いてブレーキの指示圧が決定される。そして、このブレーキ指示圧に基づき、ブレーキ装置 27 のブレーキ制御部 24 によって、前記ブレーキ装置のバルブ 25 の操作量を規定する指示デューティが該バルブ 25 に与えられ、それにより該バルブ 25 が制御される。

【0088】以上のような制御によって、後続車にあっては、T 秒後の先導車との予想車間距離 $L_{i1}(T)$ 及び車間速度差 $V_{i1}(T)$ 等に基づく加減速度修正データによって、所定の車間距離が保たれるように車速制御が行われる。

【0089】尚、本実施形態における横方向 (操舵方向) の位置制御においては、車両の前後の磁気センサ 8、9 の出力に基づき得られる車両の現在位置における走行経路 B に対する横方向の位置偏差及び方向偏差 (角度偏差) や、漏洩同軸ケーブル D から得られる車両前方の道路の曲率情報等に基づき、所定時間後の車両の予想到達位置と、走行経路 B 上の目標到達位置との位置偏差や方向偏差が求められ、それらの位置偏差や方向偏差に基づき、車両が走行経路 B に沿うように操舵量が求められる。

【0090】以上述べた自動追従走行システムにおいては、後続車の制御計画用 ECU 2 および車速制御用 ECU 4 が、自車と先導車との間の T 秒後の車間距離 $L_{i1}(T)$ および車間速度差 $v_{i1}(T)$ を求め、これに基づき、スロットル装置 26 およびブレーキ装置 27 の制御を行うにあたって、あらかじめ、先導車と自車 (後続車) 間の通信遅れ時間 Δt を算出しておき、この Δt に基づいて、先導車の T 秒後の位置 $x_1(T)$ および速度 $v_1(T)$ を演算するとともに、このように演算した値を利用して、車間距離 $L_i(T)$ および車間速度差 $v_i(T)$ を演算するようにしたため、後続車が先導車の位置 x_1 、速度 v_1 、加速度 a_1 を受信した際に、既に、これら x_1 、 v_1 、 a_1 が、通信遅れ時間の分だけ過去のデータとなっていたとしても、設定した通信遅れ時間 Δt に応じて、先導車の位置 $x_1(T)$ および速度 $v_1(T)$ を Δt 秒後の値に補正することができる。これにより、先導車および後続車間の車間距離および車間速度差を、車車間通信の通信遅れ時間によらず、正確に把握することができる。したがって、従来に比較して、先導車および後続車間の車間距離を良好に一定に保つことが可能である。

【0091】また、上述の自動追従走行システムにおいては、先導車の通信用 ECU 1 および車車間用通信機 7 が、先導車の走行情報の送信を行う際に、先導車において検出された走行情報 (速度 v_1 、加速度 a_1 、走行位置 x_1) に加えて、これら情報の送信時刻: GPS 1 (0) を後続車に対して送信する構成とされるときも、後続車の車車間用通信機 7 および通信用 ECU 1

が、先導車の走行情報を受信する際に、その受信時刻：GPS i (0) を検出する構成とされており、なおかつ、通信遅れ時間： Δt が、これら送信時刻：GPS 1 (0) および受信時刻：GPS i (0) の時間差から設定された構成となっている。このため、通信遅れ時間 Δt が時刻とともに変化するような場合に、先導車の T 秒後の位置 $x_1 (T)$ および速度 $v_1 (T)$ の補正演算に必要な通信遅れ時間 Δt を、その都度、正確に把握することができる。したがって、通信遅れ時間 Δt の変化にかかわらず、車間距離を一定に保持する制御の正確性を保つことができる。

【0092】さらに、上述の自動追従走行システムにおいては、車両に GPS レシーバ 14 が備えられ、先導車および後続車の通信用 ECU 1 が、先導車の走行情報の送信時刻：GPS 1 (0) および受信時刻：GPS i (0) を、GPS 信号に含まれる GPS 時刻に基づいて設定するようになっているため、先導車および後続車が個々に具備するタイマ等に時刻のずれがあった場合においても、この時刻のずれに影響を受けることなく、通信遅れ時間 Δt を正確に把握することが可能である。

【0093】以上において本発明の一実施の形態を説明したが、本発明は、上記実施の形態に限定されることなく、その趣旨を逸脱しない範囲内で、必要に応じて他の構成を採用するようにしてもよい。

【0094】例えば、制御計画用 ECU 2 および車速制御用 ECU 4 による図 2、3 に示した制御は、車両が走行経路 B に沿って一次的に走行する場合を想定したものであるが、これに代えて、車両が走行経路 B によらず二次元的に走行する場合を想定して、先導車と後続車との車間距離を考慮するのみならず、先導車の走行軌跡と交差する方向の先導車および後続車の相対位置および相対速度を把握するようにしてもよい。

【0095】このような場合、例えば、先導車が、図 4 に示したような円弧状の走行軌跡 50 をなすように走行するとともに、後続車が先導車の走行位置に関するデータを車車間通信により受信して、このデータに基づき、走行軌跡 50 に沿って走行しているとすると、車車間通信により、後続車が先導車の位置を受信した際には、この先導車の位置は、通信遅れ時間 Δt の影響により、既*

$$w_1 (T) = w_1 + a_{y1} \times (T + \Delta t) \quad \dots\dots (7)$$

$$y_1 (T) = y_1 + w_1 \times (T + \Delta t) + 1/2 \times a_{y1} \times (T + \Delta t)^2 \quad \dots\dots (8)$$

ここに、 y_1 ：先導車の走行位置の横方向座標

w_1 ：先導車の速度の横方向成分（先導車の速度センサ 11 による検出値）

a_{y1} ：先導車の加速度の横方向成分（先導車の加速度センサ 12 による検出値）。

【0101】また、後続車の横方向制御用 ECU 3 は、レーダレーザ 13 によって検出された自車（後続車）から見た先導車の方位 θ_i および直線距離 D を、T 秒後の

* に、 Δt 秒前のデータとなっている。したがって、先導車は、実際には図 4 に示す位置にあるのにもかかわらず、後続車からは、図 5 に示すように、実際の位置より後方にあると認識されてしまう。

【0096】この際、後続車が、レーダレーザ 13（図 1 参照）によって、先導車の自車（後続車）からの距離および方位を検出し、この検出値と、車車間通信により得られた先導車における走行位置の検出値との双方に基づいて、自車の位置ずれを修正していく制御を行っているとする、以下のような問題が生じる。

【0097】すなわち、後続車が、車車間通信により受信した先導車の位置は、図 6 中二点鎖線で示す位置（実際の位置より後方の位置）であるにもかかわらず、レーダレーザ 13 に検出される自車（後続車）から見た先導車の距離および方位は、先導車の実際の位置（図 6 中実線で示す位置）に基づいて検出されることとなる。この際、後続車が、車車間通信により受信した先導車の位置と、レーダレーザ 13 により検出された距離および方位とに基づき、自車位置を認識している場合には、後続車は、自車位置を図 7 中二点鎖線で示す位置にあると誤認識してしまう。

【0098】さらに、この場合、後続車が、上述のようにして認識した自車位置に基づいて、先導車の走行軌跡 50 をトレースできるように自車の位置を修正する制御を行うとすると、図 7 中二点鎖線にて示した後続車の位置は、走行軌跡 50 からみて左寄りの位置にあるため、後続車は右転舵をして自車位置を修正する制御を行うように動作する。その結果、後続車は、図 8 中に破線で示すように、先導車の軌跡から右方に外れて走行することになってしまう。

【0099】そこで、このような問題を回避するために、車両に対して二次元的に隊列走行を行わせる場合には、以下のような制御を行うこととする。すなわち、後続車の横方向制御用 ECU 3 は、先導車の T 秒後の予測位置および予測速度のうち先導車の走行軌跡と交差する方向（以下、横方向という。）の成分： $y_1 (T)$ 、 $w_1 (T)$ を、通信遅れ時間： Δt を用いて式 (7)、(8) のように補正計算する。

【0100】

方位 θ_i' および直線距離 D' に補正演算し直す。

【0102】そして、後続車の横方向制御用 ECU 3 は、先に求めた T 秒後の先導車の位置座標 ($x_1 (T)$ 、 $y_1 (T)$) から、自車（後続車）から見た先導車の方位および直線距離の補正值 θ_i' および D' を減ずることにより、先導車の走行位置に基づいた後続車の T 秒後の位置座標 ($x_i (T)'$ 、 $y_i (T)'$) を算出し、この値を、車速制御用 ECU 4 において式

(5) により求めたT秒後の自車(後続車)座標 x_i (T)および以下の式(9)により求めた自車のT秒後の横方向座標 y_i (T)と比較することにより、自車座*

$$y_i(T) = y_i + w_i \times T + 1/2 \times a_{yi} \times T^2 \quad \dots\dots (9)$$

ここに、 y_i ：自車(後続車)の走行位置の横方向座標
 w_i ：自車(後続車)の速度の横方向成分(自車の速度センサ11による検出値)

a_{yi} ：自車(後続車)の加速度の横方向成分(自車の加速度センサ12による検出値)。

【0104】その一方で、後続車の横方向制御用ECU3は、式(7)、(8)により求めた、先導車のT秒後の予測位置および予測速度のうちの横方向成分 y_1 (T)、 w_1 (T)から、自車(後続車)のT秒後の予測位置および予測速度のうちの横方向成分： y_i (T)、 w_i (T)を減ずることにより、先導車と自車(後続車)との横方向の走行距離および走行速度の偏差(車間距離： L_{y11} (T)および車間速度差： W_{i1} (T))を算出する。

【0105】そして、後続車の横方向制御用ECU3は、上記実施の形態と同様の手順により求めた、先導車と後続車とのT秒後の車間距離および車間速度のうち、先導車の走行軌跡に沿った成分である車間距離： L_{i1} (T)および車間速度： V_{i1} (T)と、上述のようにして算出した自車座標のずれ量 Δx_{i1} とから、自車の進行方向の目標加速度 a_i (T)を算出し、これにより、スロットル装置26およびブレーキ装置27の制御を行う。

【0106】また、その一方、後続車の横方向制御用ECU3は、先導車と後続車とのT秒後の車間距離および車間速度の横方向成分： L_{y11} (T)、 W_{i1} (T)と、上述のようにして算出された自車座標系のずれ量のうちの横方向成分 Δy_{i1} とから、自車の目標操舵角： ω (T)を算出し、これにより、ステアリングモータ19を駆動するパワーユニット18の制御を行う。

【0107】以上のようにして、車両が、二次元的に隊列走行する際において、通信遅れ時間 Δt の影響を考慮しつつ、車間距離を一定に保つ制御およびステアリング操作角を適正なものとする制御の双方を実現することができる。

【0108】なお、上述の制御において、T秒後の先導車の位置および速度を予測する際には、式(3)、(4)、(7)、(8)のように、単純に、先導車において検出された加速度および速度に、時間(T+ Δt)、あるいは、その二乗を乗じることとしていたが、これに代えて、先導車において検出されたステアリング舵角に基づいて旋回半径を計算し、この旋回半径の軌跡上に所定時間後の先導車の位置等を推定してもよい。

【0109】さらに、上記実施の形態および上述した二次元座標系内における車両の隊列走行に係る制御においては、先導車のT秒後の予想位置および速度を、時間

* 標のずれ量(Δx_{i1} 、 Δy_{i1})を検出するようにする。

【0103】

(T+ Δt)を用いて演算することとしていたが、これに代えて、後続車のT秒後の予想位置および速度を、時間(T- Δt)を用いて補正演算するとともに、先導車のT秒後の予想位置および速度を、時間Tに基づき演算し、両者の差から車間距離等を求めるようにしてもよい。このようにすることによっても、通信遅れ時間 Δt の影響を排除することができ、これにより、正確な制御を実現することが可能である。

【0110】また、これとは別に、上記実施の形態においては、通信遅れ時間 Δt を先導車において検出されたGPS時間：GPS1(0)と後続車において検出されたGPS時間：GPS i (0)との時間差に基づいて設定していたが、GPS衛星から受信した時刻データを用いなくても、各先導車、後続車のECU1~4等のもっている内部時計の相対時間差に基づき、通信遅れ時間 Δt を算出するようにしてもよい。(隊列走行開始から終了までの時間では、内部時計の精度は十分保たれているので、走行開始時に各内部時計をリセットするか、標準時刻と各内部時計との誤差をそれぞれ記憶しておけばよい。)そのようにすることで、GPS情報が一時的に受信できなくなった場合(トンネル通過等)においても、通信遅れ時間を算出することができる。

【0111】また、上記実施の形態のように通信遅れ時間 Δt を計算する手法の他に、あらかじめ通信遅れ時間が解っている場合(システム設定上の固定時間である場合)には、その固定値を Δt に代入するようにしてもよい。

【0112】また、この他にも、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で他の構成を採用するようにしてもよく、また、上述したような変形例を種々選択的に採用してもよいことはいうまでもない。

【0113】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に係る自動追従走行システムにおいては、後続車が自車と先導車との相対位置または相対速度を把握する際に、先導車の走行情報(走行位置、速度)または後続車自身の走行情報(走行位置、速度)のいずれか一方を、算出された通信遅れ時間を用いて補正し、この補正結果に基づき、自車と先導車との相対位置または相対速度の演算を行うこととしているために、後続車が、先導車から走行情報を受信した際に、すでに、受信した先導車の走行情報が過去のものとなっていたとしても、その影響を排除することができる。これにより、先導車および後続車間の相対位置または相対速度を、車車間通信の通信遅れ時間によらず、正確に把握することができ、従来に比較して、後続車が先導車の走行軌跡を良好に追跡することが可能

となる。

【0114】請求項2に係る自動追従走行システムは、先導車の送信手段が、自車において検出された走行情報に加えて、これら情報の送信時刻を後続車に対して送信する構成とされるとともに、後続車の受信手段が、先導車からの走行情報を受信する際に、この走行情報の受信時刻検出する構成とされており、なおかつ、通信遅れ時間が、これら送信時刻および受信時刻の時間差に基づいて設定されているために、通信遅れ時間が時刻とともに変化するような場合においても、補正演算に必要な通信遅れ時間を、その都度、正確に把握することができる。これにより、制御の正確性を維持することが可能となる。

【0115】請求項3に係る自動追従走行システムによれば、先導車および後続車がGPSレーザを備えた構成とされるとともに、先導車および後続車が、先導車の走行情報の送信時刻および受信時刻を、GPS信号に含まれるGPS時刻に基づいて設定するようになっているため、先導車および後続車が個々に具備するタイマ等に時刻のずれがあった場合においても、この時刻のずれに影響を受けることなく、通信遅れ時間を正確に把握することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態を模式的に示す自動追従走行システムのブロック図である。

【図2】 図1に示した車両（後続車）において、制御計画用ECUおよび車速制御用ECUが行う制御の内容を示すフローチャートである。

【図3】 同、ブロック線図である。

【図4】 先導車および後続車が二次元的に走行する場合におけるこれら先導車および後続車の位置関係の一例を示す平面図である。

【図5】 先導車および後続車が図4のような位置関係にある場合に、後続車が認識する先導車の位置を示す平面図である。

【図6】 先導車および後続車が図4のような位置関係にある場合に、後続車からレーダーレーザにより認識された先導車の位置と、車車間通信により後続車が認識*

*した先導車の位置との差異を示すための平面図である。

【図7】 先導車および後続車が図4のような位置関係にある場合に、後続車が認識する自車位置と、後続車の実際の位置との差異を示すための平面図である。

【図8】 後続車が、図7に示したように自車位置を認識することにより、後続車が行うこととなる制御の結果を示すための平面図である。

【図9】 本発明の従来技術を示す図であって、自動走行車の磁気センシングを示す構成図である。

【図10】 図9に示した自動走行車における追従システムの全体構成図である。

【図11】 図9、10に示した自動走行車の車速制御を示すブロック図である。

【図12】 本発明の解決すべき課題を示すための図であって、(a)は、複数の車両が隊列走行を行っている際に先導車が走行情報を後続車に向けて送信した際の各車両の位置を示す模式図、(b)は、(a)において送信された先導車の走行情報を後続車が受信した際の各車両の位置を示す模式図、(c)は、(b)で後続車が先導車の走行情報を受信した際に、受信した走行情報に基づいて後続車が認識する先導車の位置と、その際の実際先導車の位置との関係を示す模式図である。

【符号の説明】

1 通信用ECU（送信手段、受信手段、走行情報検出手段）

2 制御計画用ECU

3 横方向制御用ECU

4 車速制御用ECU

7 車車間用通信機（送信手段、受信手段）

11 速度センサ（走行情報検出手段）

12 加速度センサ（走行情報検出手段）

ステップS3 通信遅れ時間設定手段

ステップS4～S6 相対位置・速度演算手段

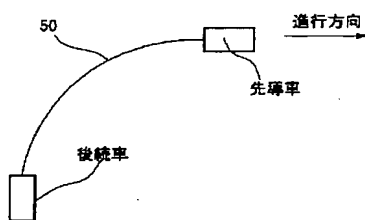
ステップS7 操作量演算手段・走行制御手段

Δt 通信遅れ時間

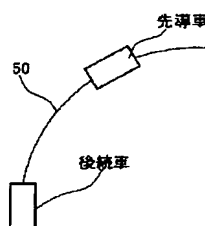
GPS1(0) 送信時刻

GPSi(0) 受信時刻

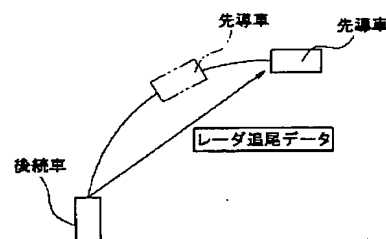
【図4】



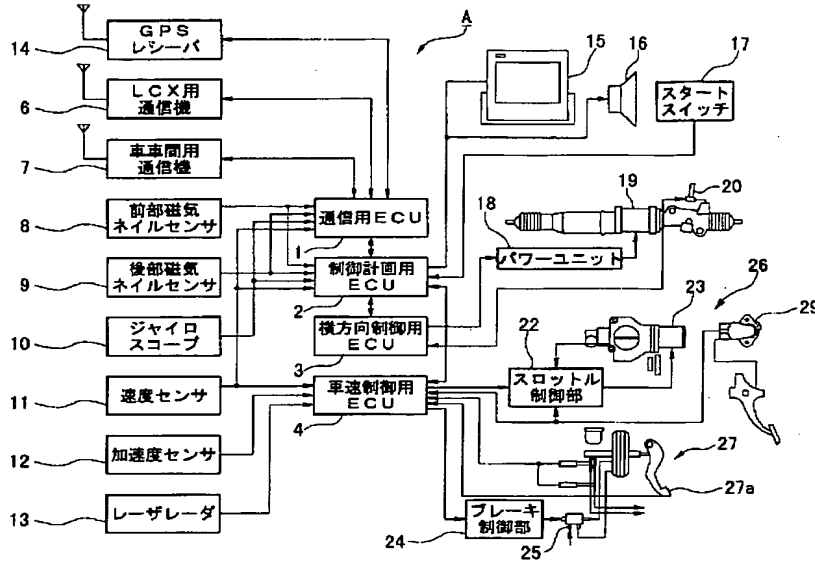
【図5】



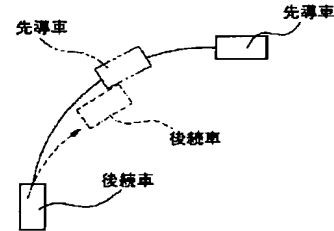
【図6】



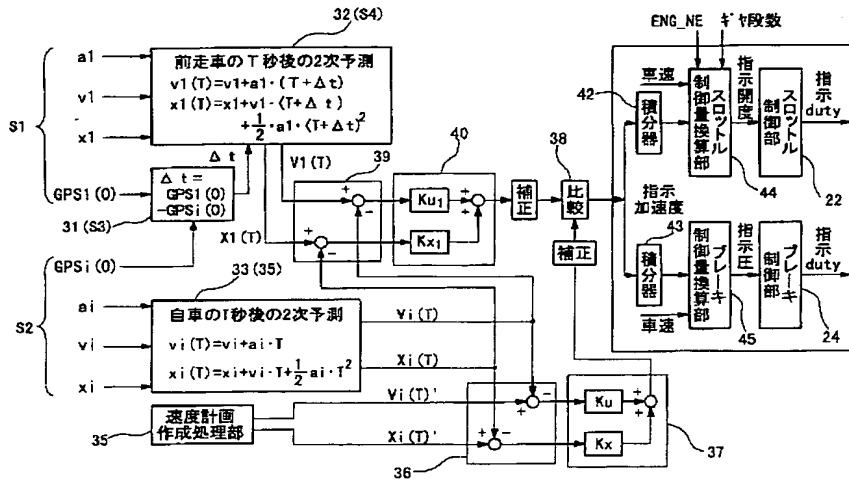
【図1】



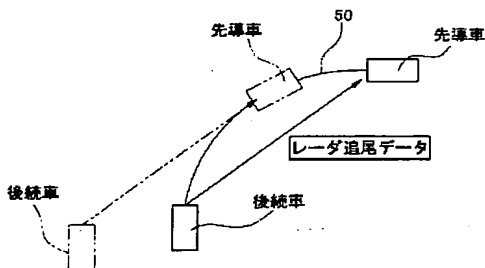
【図8】



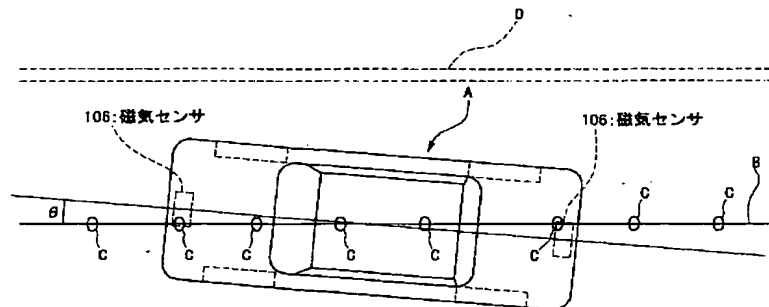
【図3】



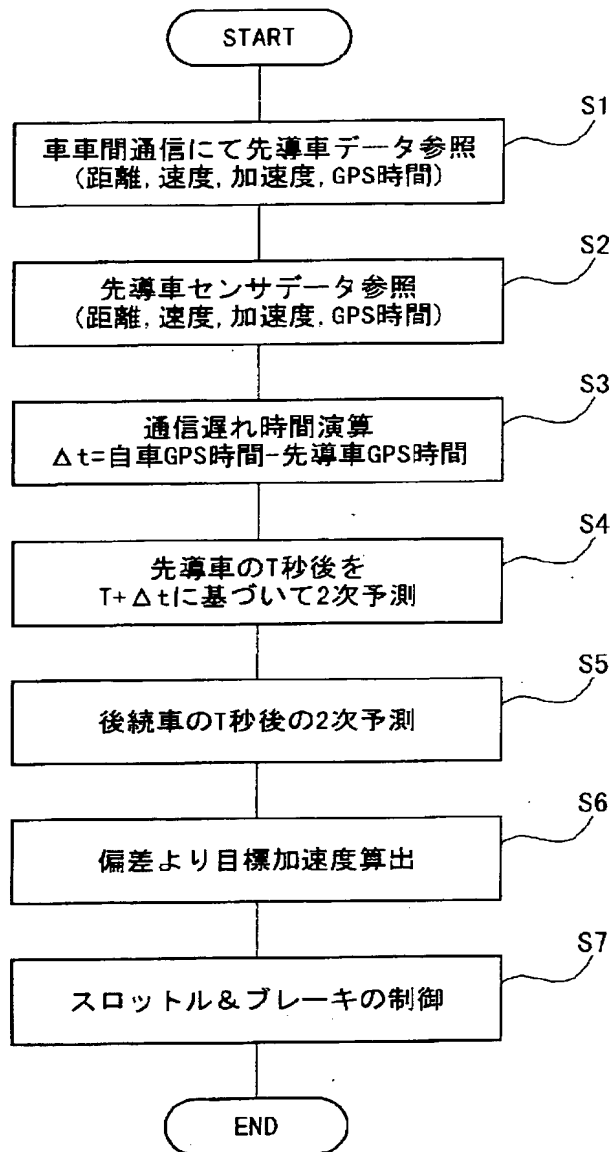
【図7】



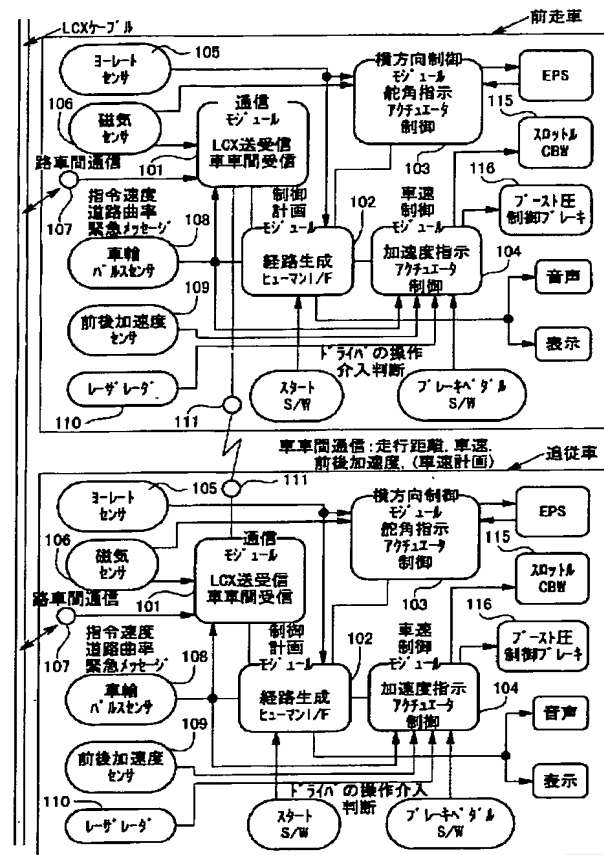
【図9】



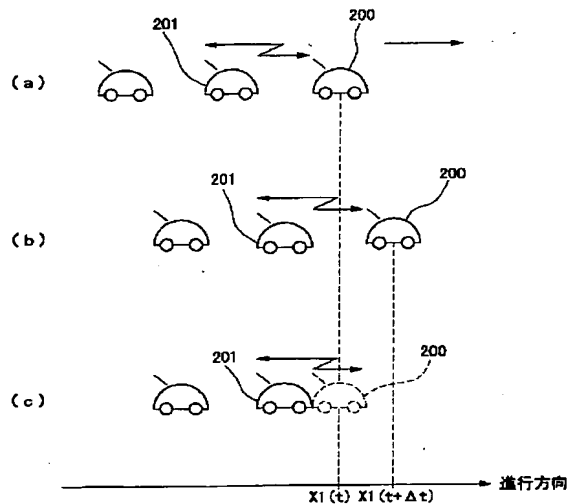
【図2】



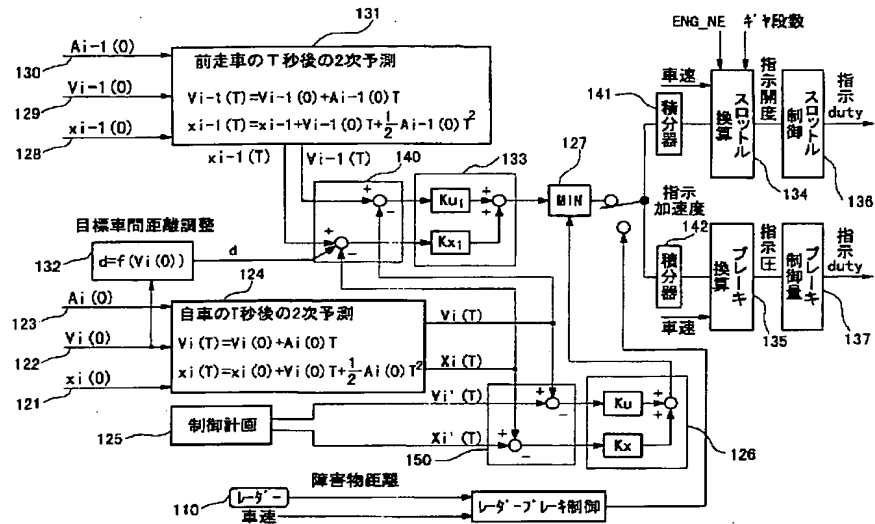
【図10】



【図12】



【図11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

F 0 2 D 29/02

識別記号

3 0 1

F I

F 0 2 D 29/02

テーマコード(参考)

L

G 0 8 G 1/09

G 0 8 G 1/09

3 0 1 D

// B 6 2 D 101:00

F

103:00

137:00

F ターム(参考) 3D032 CC20 CC21 CC30 DA22 DA23
DA25 DA33 DA87 DA88 DB01
DB02 DB03 DB05 DB06 DB07
DB11 DC02 DC03 DC07 DD02
DE03 EB01 EB04 EB07 EB30
EC21 EC34 FF01 FF07 GG01
3D044 AA00 AA25 AA45 AB00 AC26
AC28 AC56 AC59 AD00 AD04
AD21 AE03 AE06 AE07 AE14
AE15 AE22 AE27
3D046 BB18 GG02 GG10 HH02 HH05
HH08 HH20 HH22 HH26 JJ00
JJ24 KK11
3G093 AA01 BA14 BA23 BA25 BA26
CB10 DB05 DB16 DB18 DB23
EA09 EB00 EB04 FA02 FA05
FA07 FA12 FB04
5H180 AA01 BB15 CC03 CC12 CC14
CC17 FF12 FF13 LL01 LL04
LL09